Article original

Composition azotée et caractéristiques technologiques du lait de vache en relation avec la nature et le niveau d'apport de l'aliment concentré

F Laurent *, D Coomans †, JN Gardeur *, B Vignon

ENSAIA-INRA, productions animales, 2 av de la Forêt de Haye, BP 172,
54505 Vandœuvre-lès-Nancy, France

(Reçu le 10 avril 1991; accepté le 4 novembre 1991)

Résumé — Dans un essai conduit en carré latin avec 32 vaches et des rations à base d'ensilage de maïs, ni la nature de l'aliment concentré (amidon ou paroi), ni le niveau de l'apport énergétique (recommandations R ou $R + 2,3$ kg de concentré) n'ont fait varier significativement le pH initial du lait, la taille micellaire moyenne, les teneurs en minéraux du lait. La teneur en azote total, le taux protéique, la teneur en caséines sont significativement plus élevés avec l'aliment riche en amidon, le profil caséinique variant peu. Les aptitudes technologiques des laits n'ont pas été modifiées par la nature ou la quantité de concentrés. La variabilité de la taille micellaire est mal décrite par les variables de composition azotée et minérale, mais la taille micellaire est significativement liée aux paramètres technologiques.

lait de vache / composition azotée / qualité / nature du concentré

Summary — Nitrogen composition and technological properties of cow's milk in relation to type and level of concentrate supplementation. Thirty-two cows were used in a latin square design to compare 2 types of concentrate, either starchy or fibrous, at 2 levels (2.3 kg variation in concentrate) given with maize silage. pH, micellar size and mineral content were unaffected by nature or level of concentrate. Nitrogen protein and casein contents were significantly higher with starchy concentrates but milk casein profiles showed only minor variations. Technological properties of milk did not vary. The variability in micellar size was weakly dependent on composition but micellar size was significantly correlated with coagulation time and curd firmness.

cow's milk / nitrogen composition / quality / nature of concentrate

† Décédé accidentellement en décembre 1989.

* Enseignants à l'Université de Nancy I.

INTRODUCTION

En fromagerie, les préoccupations dominantes des fabricants portent sur les anomalies de rendement, souvent liées aux difficultés d'acidification, de coagulation, d'égouttage et d'affinage. Outre l'influence de laits anormaux chargés en microorganismes ou en antibiotiques, les industriels mettent en cause la baisse des taux de matière protéique.

Les principaux facteurs de variation de la composition protéique du lait ont fait l'objet de synthèses récentes et nombreuses (Banks, 1987; Rémond, 1987; Sutton, 1989; Hoden *et al*, 1991; Rulquin *et al*, 1991) qui confirment les effets du stade de lactation, de la race, de la saison et surtout de l'alimentation. Si les facteurs alimentaires ont été particulièrement étudiés, montrant souvent des variations parallèles entre le niveau d'apport énergétique et le taux protéique, les relations liant les caractéristiques de la ration et les propriétés technologiques des laits restent mal connues. Antila *et al* (1982), Grandison *et al* (1985), et Banks et Tamime (1987) relient les variations de composition du lait aux variations saisonnières du rendement fromager, mais le facteur alimentaire n'est pas étudié isolément. Seuls Vertes et Hoden (1989) ont testé l'influence du niveau d'alimentation sur la composition protéique et les caractéristiques technologiques.

L'évolution rapide des techniques d'alimentation en relation avec l'augmentation du potentiel de production des animaux conduit à accroître de façon importante l'utilisation d'aliments concentrés. Or, le niveau et la nature du concentré sont susceptibles de perturber le taux protéique du lait (Rémond, 1985; Hoden *et al*, 1990).

Dans un essai réalisé (Laurent et Gardeur, 1989) pour comparer les effets sur

l'ingestion, la production et les taux butyreux et protéique du lait, de 2 natures d'aliment concentré, amidon ou paroi, offert à 2 niveaux de couverture des besoins à des vaches laitières recevant une ration à base d'ensilage de maïs, nous avons montré qu'une différence de niveau énergétique de 1,7 UFL (Unité fourragère lait, unité de valeur énergétique) était sans effet significatif sur la production de lait et les taux. Le taux protéique était significativement supérieur avec l'aliment amidon (+ 0,3 g/l; $P < 0,01$).

Les résultats d'une série d'analyses complémentaires concernant les effets sur la composition azotée et le profil protéique ainsi que sur les caractéristiques des laits obtenus dans cet essai font l'objet de ce travail.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Schéma expérimental

Trente deux vaches laitières Françaises Frisonnes, dont 8 primipares, maintenues en stabulation libre à logettes, à un stade moyen de lactation de 74 ± 17 j et à une production laitière de $26,4 \pm 4,6$ kg, étaient réparties en 4 lots, l'alotement étant réalisé à partir de quadruplets (Blocs 1-8) construits sur les critères rang de lactation, production laitière, taux butyreux et protéique, poids vif (dans l'ordre hiérarchique).

Le schéma expérimental constitué de 4 traitements en factoriel 2×2 , effet nature : traitement A = amidon, ou traitement P = paroi; effet Niveau : traitement R = recommandations INRA (Jarrige, 1988), ou traitement H = recommandations + apport de 3 kg de concentré, était appliqué selon un dispositif en carré latin. Les 4 périodes élémentaires de mesure, séparées l'une de l'autre par une période de transition de 7 j, avaient une durée unitaire de 4 semaines, la succession des traitements étant imposée pour chacun des lots de façon à limiter les effets des transitions effectuées, soit à niveau constant pour un changement de nature, soit à nature

constante pour un changement de niveau. De ce fait, le regroupement des périodes élémentaires 1-2 (Gper 1) et 3-4 (Gper 2) représentait la succession des modalités du traitement Niveau.

Le régime alimentaire, les niveaux de complémentation et la conduite des animaux ont été précédemment décrits de façon détaillée (Laurent et Gardeur, 1989). Compte tenu des contraintes expérimentales, les quantités totales ingérées n'avaient pas différé, les apports étant isoénergétiques et iso-azotés entre les 2 natures de concentrés : la nature du concentré représentait donc bien la source de variation principale pour l'effet nature. Du fait de la substitution entre fourrage et concentrés et des refus partiels de consommation, un écart de 2,3 kg d'aliment concentré soit 1,7UFL et 300 g de PDI (Protéines digestibles dans l'intestin, unité de valeur azotée) avait été enregistré entre les 2 niveaux d'apport.

Analyse de la composition et des caractéristiques technologiques des laits

À la fin de chacune des 4 périodes de mesure, un échantillon de lait individuel a été prélevé à une traite du matin. Dans l'heure suivant le prélèvement, le pH natif a été déterminé sur le lait entier; la taille micellaire moyenne a été mesurée sur le lait écrémé (granulomètre laser Autosizer II, Malvern Instruments, Worcestershire, Angleterre) selon les propositions de Scher (1988). La composition des matières azotées (Rowland, 1938) a été obtenue après mesure des teneurs en azote total, en azote soluble (après acidification à pH 4,6) et en azote non protéique (précipitation au TCA à 12% de solution finale) par la méthode de Kjeldahl.

L'analyse quantitative des caséines a été réalisée par chromatographie FPLC (colonne Mono Q, système automatique Pharmacia, Uppsala, Suède) selon les préconisations de Andrews *et al* (1985). Les parts relatives d' α -lactalbumine et de β -lactoglobuline ont été déterminées par chromatographie liquide à haute pression (Andrews *et al*, 1985) (Système Gold Beckman, San Ramon, Etats Unis). Les proportions des différentes protéines sont exprimées au prorata de la surface des pics obtenus après

application des coefficients correctifs prenant en compte les différences d'absorption à 280 nm (Guillou *et al*, 1987). La teneur en cendres a été mesurée après calcination à 550 °C pendant 7 h. Sur le résidu récupéré dans de l'acide chlorhydrique 0,1 N, les mesures des teneurs en Ca et en Na ont été effectuées par spectrophotométrie d'absorption atomique (appareil Perkin Elmer 1100) et la teneur en P par colorimétrie à 660 nm (spectrophotomètre Beckman DU 70). Les paramètres de coagulation à la présure mesurés au Formagraph (Foss Electric, Hillerød, Danemark) dans les conditions définies par Mac Mahon et Brown (1982) ont permis de caractériser le temps de prise (R), le temps de raffermissement (K_{20}) la fermeté du gel 30 min après l'emprésurage (A_{30}) ou 30 min après le début de la coagulation (B_{30}).

Analyse statistique des données

Les variables analysées correspondent aux moyennes individuelles par période élémentaire de mesure (PER). Elles ont été traitées par analyse de variance (procédure GLM de SAS) selon des modèles hiérarchiques orthogonaux équilibrés, avec effets hiérarchiques sur les vaches et la période (tableau I). La succession des traitements étant partiellement imposée dans le plan expérimental, l'effet niveau et les interactions niveau x nature et niveau x bloc ont été estimés à partir d'un test d'hypothèse utilisant l'interaction bloc x GPER comme terme d'erreur.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Composition du lait

Le niveau de l'apport en concentrés n'a pas fait varier significativement le pH initial du lait, la taille micellaire, les teneurs en azote total, azote soluble et en azote non protéique (ANP) ou les teneurs en cendres, Ca, P, Na (tableau II). Compte tenu de la faible différence (1,7 UFL) d'apport énergétique entre les 2 niveaux, avec des taux de couverture des besoins égaux

Tableau I. Modèles d'analyse de variance.
Models of variance analysis.

Source de variation	Degré de liberté	Remarques
Niveau	1	R ou H (R = recommandations ou H = R + 3 UFL)
Nature	1	A ou P (amidon ou paroi)
GPÉR	1	1 ou 2 (2*4 semaines, même niveau, nature différente)
PER (GPÉR)	2	1 à 4 (4 périodes de 4 semaines. PER hiérarchisé/ GPÉR)
Bloc	7	1 à 8 (8 quadruplets de vaches)
Vache (bloc)	24	1 à 32 (32 vaches. Vache hiérarchisée/bloc)
Niveau x nature	1	
Niveau x bloc	7	Interactions
Nature x bloc	7	
GPÉR x bloc	7	
Modèle	58	
Erreur	69	Modèle équilibré
Total	127	

Tableau II. Effet de la nature et du niveau d'apport du concentré sur la composition du lait.
Effects of nature and level of concentrate on milk composition.

	Nature		Niveau		Écart type résiduel
	Amidon	Paroi	R	H	
Lait (kg/traite)	11,6	11,9	11,7	11,7	1,14
pH natif	6,62	6,65	6,62	6,65	0,42
Taille micellaire (nm)	196,6	199,8	201,4	194,9	16,3
TP (g/kg)	30,8 ^a	30,5 ^b	30,5	30,7	1,01
N total (g/kg)	5,41 ^a	5,09 ^b	5,35	5,15	0,79
N soluble (g/kg)	1,22	1,10	1,18	1,14	0,31
ANP (g/kg)	0,41	0,39	0,40	0,39	0,08
Cendres (g/kg)	7,46	7,45	7,41	7,44	0,22
Ca (g/kg)	1,13	1,13	1,15	1,10	0,07
P (g/kg)	0,98	0,98	1,00	0,95	0,06
Na (g/kg)	0,36	0,37	0,37	0,36	0,01

Sur une même ligne les valeurs affectées par des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

Different letters on the same line indicate significant differences at a 5% threshold level.

à 97 et 104% (Laurent et Gardeur, 1989), cette absence d'écart dans la composition du lait est conforme aux observations de Hoden *et al* (1991). Le pH initial du lait, la taille micellaire, les teneurs en ANP, en cendres, Ca, P, Na n'ont pas été modifiés par la nature du concentré. Le taux protéique (TP) et la teneur en N total ont été significativement plus élevés avec l'aliment amidon qu'avec l'aliment paroi. Cet écart est répercuté dans la composition des matières azotées, la teneur en azote soluble étant légèrement supérieure ($P < 0,10$) pour l'aliment amidon (tableau II). Néanmoins les proportions d'azote caséinique dans l'azote protéique ne sont pas significativement différentes, respectivement 85,4 et 85% pour les concentrés A et P. Si Vertes et Hoden (1989) ont enregistré des écarts de ce rapport caséines/protéines (+ 3,1 pour un concentré à base de pulpe de betterave comparativement à un concentré riche en blé), il n'est, en général, pas modifié par le niveau d'alimentation (Remond, 1985; Le Dore *et al*, 1986; Vertes *et al*, 1989) ou par la nature du ré-

gime alimentaire (Grant et Patel, 1980; Remond et Journet, 1987).

L'amélioration du TP et de la teneur en azote total liée à la nature du concentré ne peut être expliquée par l'écart d'apport énergétique qui est équivalent à 0,1 UFL; un partage de l'utilisation de l'énergie plus favorable à la production de lait dans le cas de l'apport en amidon le plus élevé aurait pu intervenir (Laurent et Gardeur, 1989).

Composition protéique du lait

Le niveau d'apport en concentré n'a pas significativement fait varier la quantité de caséines. L'apport énergétique élevé a réduit la proportion relative de caséine β (-5%, $P < 0,01$) et la teneur en caséine β ($P < 0,10$). La proportion relative de caséine κ a été significativement augmentée (+ 6,5%, $P > 0,05$) (tableau III).

Vertes et Hoden (1989) ont montré que la teneur en caséine κ augmentait avec le

Tableau III. Effet de la nature et du niveau d'apport du concentré sur le profil protéique du lait.
Effects of nature and level of concentrate on milk protein composition.

	Nature		Niveau		ETR
	Amidon	Paroi	R	H	
N caséines (g/kg)	4,19 ^a	3,99	4,17	4,01	0,65
Caséine α (% total caséines)	51,1	51,3	51,0	51,5	2,5
Caséine α (g/kg)	2,14 ^a	2,04 ^b	2,12	2,06	0,36
Caséine β (% total caséines)	31,5	31,3	32,2 α	30,6 β	2,4
Caséine β (g/kg)	1,32 ^a	1,25 ^b	1,35	1,23	0,23
Caséine κ (% total caséines)	17,4	17,4	16,8A	17,9B	2,1
Caséine κ (g/kg)	0,73	0,70	0,70	0,72	0,14
α -Lactalbumine ¹	26,5	26,9	26,5	26,9	7,3
β -Lactoglobuline ¹	73,5	73,1	73,5	73,1	7,3

¹ en % du total α -lactalbumine + β -lactoglobuline; $P < 0,10$ lettres minuscules, $P < 0,05$ lettres majuscules, $P < 0,01$ lettres grecques.

¹ in % total α -lactalbumin + β -lactoglobulin. Small letters, $P < 0,10$; capital letters, $P < 0,05$; Greek letters, $P < 0,01$.

niveau d'alimentation, mais, dans leur essai, cette élévation accompagnait une progression importante du TP du lait. Colin et al (1990) ont souligné par ailleurs un accroissement simultané de la teneur en caséine κ et du TP de laits de mélange. Dans le présent essai, l'écart de teneur moyenne en caséine κ observé entre les 2 niveaux d'apport n'est pas accompagné d'une évolution marquée des TP. Cette observation isolée ne permet pas d'expliquer comment l'apport supplémentaire de 1,7 UFL s'est traduit par une production accrue de caséine κ .

Le profil protéique des laits (proportion relative de chacune des caséines exprimée par rapport au total des caséines ou de l' α -lactalbumine et de la β -lactoglobuline exprimée par rapport au total α -lactalbumine + β -lactoglobuline) n'a pas été modifié par la nature du concentré (tableau III). Mais les teneurs en caséines α_s et β ($P < 0,10$) sont plus élevées avec l'utilisation du concentré amidon alors que la teneur en caséine κ n'est pas significativement différente.

Paramètres technologiques du lait

Ni la nature, ni le niveau de concentré n'ont fait varier significativement ($P < 0,1$) les valeurs des paramètres technologiques (tableau IV). Malgré la prise en compte dans le modèle statistique de la variabilité individuelle qui est très forte (effet bloc $P < 0,001$) et de la variabilité dans le temps également très élevée (effet GPER $P < 0,001$) les écarts types résiduels pour ces paramètres sont particulièrement élevés. Malgré tout, les écarts de composition chimique étant peu importants, l'absence de variations concernant ces mesures technologiques paraît logique.

Tableau IV. Effet de la nature et du niveau d'apport du concentré sur les paramètres technologiques du lait.

Effects of nature and level of concentrate on technological properties of milk.

	Nature		Niveau		Écart type résiduel
	Amidon	Paroi	R	H	
R (min)	20,2	19,7	19,7	20,1	5,1
K ₂₀ (min)	10,6	10,5	10,4	10,7	4,0
A ₃₀ (mm)	26,6	25,4	25,5	26,5	9,0
B ₃₀ (mm)	39,6	39,6	40,0	39,3	6,0

Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et les paramètres technologiques

Taille micellaire

La taille micellaire moyenne est positivement corrélée ($P < 0,01$) à la proportion relative de caséine α , à la teneur en Ca total et en P total ($P < 0,01$) mais négativement ($P < 0,05$) à la proportion relative de caséines γ + κ , aux teneurs en ANP et en Na (tableau V). Néanmoins, par régression multiple ascendante à partir de ces paramètres, on atteint moins de 20% d'explication de la variabilité de la taille micellaire.

La taille micellaire est mieux liée au temps de prise R qu'à K_{20} . Les relations toujours positives montrent que les petites micelles sont plus favorables à la coagulation. Cette élévation du temps de prise et la baisse de la fermeté du gel du caillé quand la taille des micelles augmente avaient été soulignées antérieurement par Grandison (1986), Scher (1988), et Nuyts et al (1989).

Tal. V. Valeur des coefficients de corrélation entre la taille micellaire et les caractéristiques physico-chimiques.
Relationships between micellar size and physicochemical properties.

	$P < 0,01$			$P < 0,05$	
	r	n		r	n
Caséines α_s %	0,290	123	Caséines $\gamma + \kappa$	- 0,221	123
Ca total	0,305	107	ANP	- 0,200	124
P total	0,257	107	Na	- 0,194	107
R	0,335	122	K_{20}	+ 0,200	119
			A_{30}	- 0,269	114

Paramètres technologiques

Le temps de prise R est significativement lié ($P < 0,1$) au pH ($r = 0,532$) et à la proportion de caséine α_s ($r = 0,260$), moins fortement ($P < 0,05$) à la proportion de caséine β ($r = 0,190$). Storry *et al* (1983) ont, comme dans ce travail, noté une diminution du temps de coagulation avec l'augmentation de la teneur en caséine β . Marziali et Ng Kwai Hang (1986) ont enregistré une baisse de la valeur de R avec l'augmentation de la teneur en caséine α_s contrairement à nos résultats. La teneur en caséines $\gamma + \kappa$ n'intervient pas directement.

Le temps de raffermissement K_{20} dépend ($P < 0,01$) du TP ($r = -0,360$), du pH ($r = 0,287$) et de l'azote des protéines du lactosérum ($r = -0,250$). La teneur en Ca améliore la valeur K_{20} ($r = -0,206$) alors que la teneur en Na la détériore ($r = 0,209$). Contrairement aux données de Grandison *et al* (1984), Vertes *et al* (1989) et Nuyts *et al* (1989), dans cet essai, le K_{20} n'est pas lié à la teneur en caséines totales. Les relations enregistrées ici avec les minéraux sont conformes aux observations de Grandison *et al* (1984) et de Scher (1988). L'effet favorable des protéines du lactosérum sur la fermeté du gel

conforte les résultats de Storry *et al* (1983), Grandison *et al* (1985). La fermeté du gel (A_{30}) est liée ($P < 0,01$) au pH ($r = -0,280$), à la teneur en Na ($r = -0,289$) et en Ca ($r = +0,238$) ainsi qu'au TP ($r = 0,240$).

À partir de cette base de données et par régression multiple, il est possible d'expliquer :

- 33% de la variabilité de R (les paramètres entrant dans l'équation sont le pH, la taille micellaire et la teneur en Na);
- 34% de la variabilité du K_{20} (à partir des variables TP, Na, taille micellaire et teneur en protéines du lactosérum);
- 31% de la variabilité du A_{30} (avec pH, teneurs en Ca et en Na, et taille micellaire comme variables explicatives).

Ces explications restent, malgré tout, faibles dans tous les cas.

CONCLUSION

Dans cet essai, les variations du niveau d'apport (1,7 UFL) et de la nature de l'aliment concentré (amidon ou paroi) ont finalement eu assez peu d'influence sur les caractéristiques physiques, la composition

azotée et le profil protéique des laits et sur leur aptitude technologique. Les écarts enregistrés dans la composition des matières azotées du lait (teneurs en azote total, azote protéique, azote caséinique) en fonction de la nature du concentré n'ont pas retenti sur les paramètres technologiques mesurés au Formagraph. De même, les légères modifications du profil caséinique obtenues selon le niveau d'apport en concentrés n'ont eu aucune répercussion sur l'aptitude à la coagulation des laits : les différences de composition révélées dans cet essai ont toujours été trop faibles pour entraîner des modifications significatives du temps de coagulation et de la fermeté du gel.

L'étude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques et les paramètres technologiques a montré que les liaisons entre taille micellaire et profil caséinique d'une part, et d'autre part entre taille micellaire et les paramètres technologiques sont faibles, bien que significatives. Par ailleurs, les rôles prioritaires et respectifs du pH initial et du taux protéique dans la variabilité du temps de prise et du temps de raffermissement mesurés au Formagraph ressortent bien. Mais ces résultats, obtenus dans des conditions particulières sur échantillons individuels, méritent confirmation sur des laits de mélange.

REMERCIEMENTS

Nous remercions R Vicaire pour l'aide apportée à ce travail, réalisé dans le cadre de conventions ITEB-Université de Nancy I et ITEB-ENSAIA.

RÉFÉRENCES

- Andrews AT, Taylord MD, Owen AJ (1985) Rapid analysis of bovine milk proteins by fast protein liquid chromatography. *J Chromatogr* 348, 177-185
- Antila V, Alasaari E, Luomanpera E (1982) The rennetability of milk. 21th Int Dairy Congr 1, 392-393
- Banks W (1987) Opportunities for varying the composition of cow milk. *J Soc Dairy Technol* 40, 96-99
- Banks JM, Tamime AY (1987) Seasonal trends in the efficiency of recovery of milk fat and casein in cheese manufacture. *J Soc Dairy Technol* 40, 64-66
- Colin O, Laurent F, Vignon B (1990) Influence du niveau de TP et de ses variations sur la nature des protéines du lait. 23^e Congr Int Lait, Montréal, Brèves Commun 1, 51
- Grandison A (1986) Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheesemaking. *Dairy Ind Int* 51, 21-24
- Grandison AS, Ford GR, Owen AJ, Millard D (1984) Chemical composition and coagulation properties of renneted Friesian milk during the transition from winter rations to spring grazing. *J Dairy Res* 51, 69-78
- Grandison AS, Anderson M, Ford GD, Newell L (1985) Interrelationships between the diet fed to cows, composition and properties of milk and composition and quality of Cheshire cheese from farmhouse manufacturers. *J Dairy Res* 52, 587-593
- Grant DR, Patel PR (1980) Changes of protein composition of milk by ratio of roughage to concentrate. *J Dairy Sci* 63, 756-761
- Guillou H, Miranda G, Pélissier JP (1987) Analyse quantitative des caséines dans le lait de vache par chromatographie liquide rapide d'échanges d'ions (FPLC). *Lait* 67, 135-148
- Hoden A, Hurtaud C, Marquis B, Delaby L (1990) Utilisation du blé ou des pulpes de betteraves en rations complètes avec de l'ensilage de maïs chez les vaches laitières. *INRA Prod Anim* 3, 299-304
- Hoden A, Garel JP, Coulon JB, Laurent F (1991) Influence de quelques facteurs zootechniques sur l'aptitude fromagère du lait de vache. Journées sur la qualité des laits à la production et aptitudes fromagères. *Colloque INRA-ENSA Rennes*, 23-24 Janvier
- Jarrige R (1988) *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. INRA-Publ, Versailles

- Laurent F, Gardeur JN (1989) Effet de la nature et du niveau d'apport en aliment concentré sur les performances de vaches laitières recevant une ration à base d'ensilage de maïs. *Ann Zootech* 38, 247-258
- Le Dore A, Rémond B, Grappin R, Jeunet R, Journet M (1986) Teneurs du lait de vache en ses principales fractions azotées et en matières grasses : effets de quelques caractéristiques des animaux et de leur alimentation. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 63, 13-20
- Mac Mahon DJ, Brown RJ (1982) Evaluation of formagraph for comparing rennet solutions. *J Dairy Sci* 65, 1639-1650
- Marziali AS, Ng Kwai-Hang KF (1986) Effects of milk composition and genetic polymorphism on coagulation properties of milk. *J Dairy Sci* 69, 1793-1798
- Nuyts V, Delacroix A, Vassal L (1989) Qualité du lait de vache. Caractérisation physico-chimique et rhéologique de laits individuels de race tarine en relation avec le polymorphisme génétique des caséines. In: *Qualité des laits* (Journet M, ed) INRA Paris Annexe 8
- Rémond B (1985) Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2. Taux protéique : facteurs généraux. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 62, 53-67
- Rémond B (1987) Influence du stade de lactation et de l'âge sur la composition du lait. In: *Le lait, matière première de l'Industrie laitière*. Cepil, Paris
- Rémond B, Journet M (1987) Effet de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait. In: *Le lait, matière première de l'Industrie laitière*. Cepil, Paris
- Rowland SJ (1938) The determination of the nitrogen distribution in milk. *J Dairy Res* 9, 42-46
- Rulquin H, Hurtaud C, Vérité R, Delaby L (1991) Effets du niveau et de la nature des nutriments énergétiques et azotés sur l'aptitude à la transformation fromagère du lait. Journées sur la qualité des laits à la production et aptitudes fromagères. *Colloque INRA-ENSA Rennes*, 23-24 Janvier
- Scher J (1988) Contribution à l'étude de l'influence de la composition du lait et de la taille des micelles sur la coagulation enzymatique : approche statistique et phénoménologique. Thèse INPL-ENSAIA, Nancy
- Storry JE, Grandison AS, Millard D, Owen AJ, Ford GD (1983) Chemical composition and coagulating properties of renneted milk from different breeds and species of ruminants. *J Dairy Res* 50, 215-229
- Sutton JD (1989) Altering milk composition by feeding. *J Dairy Sci* 72, 2801-2814
- Vertes C, Hoden A (1989) Qualité fromagère des laits de vaches en fonction du régime à base d'herbe. *Lait* 69, 197-209
- Vertes C, Hoden A, Gallard Y (1989) Effet du niveau d'alimentation sur la composition chimique et la qualité fromagère du lait de vaches Holstein et Normandes. *INRA Prod Anim* 2, 89-96